

## Uji Eksperimen untuk *Trajectory Tracking* Mesin Pemotong Rumput Tenaga Surya

Rafiuddin Syam<sup>(1)</sup> dan Johaness Ohoiwutun<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
Jl. P. Kemerdekaan Km 10 Makassar, Indonesia 90245  
Telpon: 0411-586015 E-mail: rafiuddinsyam@gmail.com

<sup>(2)</sup>Jurusan Mesin Politeknik Katolik Saint Paul Sorong  
Jl. RA Kartini Kampung Baru Sorong-Papua Barat, Indonesia 98413  
Telpon: 0951-328904, Fax: 0951-321401 E-mail: johnohoiwutun@gmail.com

### Abstrak

Penggunaan energy terbarukan yang belum merata pada berbagai sistem melatarbelakangi penelitian ini. Energi surya yang berlimpah dan gratis menjadi tantangan penelitian ini. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui *error tracking trajectory* dan kecepatan potong pada mesin pemotong rumput dengan sumber energy untuk sistem navigasi dengan menggunakan energy surya. Pengujian ini melibatkan dua operator dengan kemampuan kurang lebih sederajat. Masing masing operator menguji sistem trajectory pada lintasan yang sama. Penggunaan tenaga surya dalam penelitian ini adalah sebagai sumber tenaga untuk mengisi baterai yang selanjutnya menjalankan robot. Sistem kendali yang digunakan menjadikan operator sebagai bagian dari sensor *close loop* dengan sistem manual menggunakan gelombang radio pemancar dan penerima. Selanjutnya signal digunakan untuk member masukkan kepada motor listrik yang bergerak seporos pada bagian belakang dan sistem steering pada bagian roda depan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dari perlakuan dengan tiga variasi kecepatan yaitu 0,754 m/det, 0,565 m/det dan 0,314 m/det maka diperoleh hasil pemotongan rumput terbaik terjadi pada kecepatan 0,314 m/det dan tinggi pemotongan rumput 5 cm dengan hasil yang memuaskan.

**Katakunci:** Mesin Pemotong Rumput, Energi surya, *trajectory tracking*

### Pendahuluan

Merawat taman maupun halaman rumah merupakan salah satu aktivitas rutin untuk menjaga agar nampak rapih dan asri. Demikian pula lapangan bola kaki perlu dijaga dengan memotong rumput secara teratur dengan ketinggian tertentu. Namun kenyataan yang terjadi selama ini proses pemotongan rumput dilaksanakan secara manual atau dengan mesin pemotong rumput gendong dan dorong yang menggunakan tenaga manusia untuk menjalankannya dan tentu pula menyita waktu.

Selain itu kebutuhan energi dunia terus meningkat seiring dengan tingkat kemajuan peradaban manusia. Pemanfaatan sumber energi konvensional seperti batubara, bahan bakar minyak, gas alam dan lain-lain di satu sisi memiliki biaya operasional murah (DESDM 2003).

Pemanasan global adalah meningkatnya suhu rata-rata permukaan bumi akibat peningkatan jumlah emisi gas rumah kaca di atmosfer (Hart, John 2005). Pemanasan global akan diikuti dengan perubahan iklim, seperti meningkatnya curah hujan di beberapa belahan dunia sehingga menimbulkan banjir dan erosi. Sedangkan di belahan bumi lain akan

mengalami musim kering yang berkepanjangan disebabkan oleh kenaikan suhu. Pemanasan global terjadi ketika ada konsentrasi gas-gas tertentu yang dikenal dengan gas rumah kaca, yang terus bertambah di udara (Sugiyono 2006).

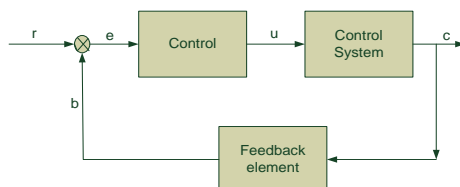
Oleh karena itu pengembangan sumber tenaga alternatif yang terbarukan dan bebas polusi menjadi kebutuhan mendesak bagi seluruh umat manusia. Salah satu sumber-sumber tenaga terbarukan tersebut adalah tenaga surya. Indonesia terletak di sepanjang garis katulistiwa, yaitu pada 6° lintang utara - 11° lintang selatan dan 95° bujur timur - 141° tujur timur, dan dengan memperhatikan peredaran matahari dalam setahun berada pada daerah 23,5° lintang utara dan 23,5° lintang selatan maka wilayah Indonesia akan selalu disinari matahari selama 10 sampai 12 jam sehari, sehingga sumber-sumber energi terbarukan tersebut di atas sangat melimpah (Goodland 2006). Sehingga semestinya pengembangan dan pemanfaatannya harus dilakukan baik dalam bentuk riset di laboratorium maupun terapannya berupa teknologi tepat guna yang langsung dapat dimanfaatkan oleh masyarakat. (Agung (2006)).

Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk membuat formulasi kinematika dan dinamika untuk

mengetahui pergerakan Mesin Pemotong Rumput Tenaga Surya Untuk Navigasi.

#### A. Kendali loop tertutup (*close loop control*)

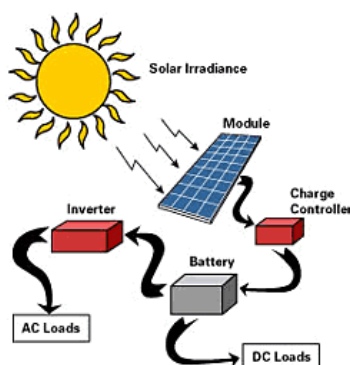
Kendali loop tertutup merupakan kebalikan dari prinsip kendali loop terbuka. Pengertiannya adalah suatu prinsip kendali dimana loop tersebut memiliki lintasan yang tertutup untuk proses aliran informasi dari output ke input dan kembali lagi ke input karena adanya *feedback control*. Huruf  $r$  merupakan masukan yang menentukan suatu nilai yang diharapkan bagi sistem yang dikendalikan tersebut. Sedangkan lingkaran tanda silang menandakan suatu titik penjumlahan antara  $r$  dan  $b$  (umpan balik dari keluaran). Keluaran dari penjumlahan adalah sinyal kesalahan  $e$  adalah nilai yang diperoleh dari selisih  $r$  dan  $b$ . Dengan kata lain sinyal kesalahan  $e$  adalah perbedaan antara apa yang diinginkan dengan apa yang dihasilkan (Canudas, et al, 1996)



Gambar 1. Diagram blok close loop control

#### B. Fotovoltaik

Teknologi fotovoltaik (PV) merupakan suatu teknologi konversi yang mengubah cahaya (foto) menjadi listrik (volt) secara langsung (*direct conversion*). Peristiwa ini dikenal sebagai efek fotolistrik (*photovoltaic affect*). Didalam proses konversi cahaya-listrik tidak ada bagian yang bergerak, sehingga produk teknologi fotovoltaik memiliki umur teknis yang panjang lebih dari 25 tahun (Tundawan 2002).



Gambar 2. Skema pengoperasian dasar sel fotovoltaik

Teknologi fotovoltaik dikenal sebagai teknologi bersih sehingga penerapannya akan mendukung program pembangunan yang berkelanjutan dan berwawasan lingkungan. Beberapa keuntungan dari pemanfaatan teknologi fotovoltaik, antara lain ; Biaya operasional dan perawatan yang rendah (tidak diperlukan pembelian bahan bakar dan keausan dalam proses konversi), tidak menimbulkan polusi udara karena tidak ada proses pembakaran sehingga mengurangi pelepasan gas rumah

kaca (*greenhouse gas*) dan tidak menimbulkan kebisingan karena tidak ada bagian yang bergerak (Ariswan, 2005)

#### C. Motor DC

Motor DC adalah motor yang menggunakan aliran arus searah dalam operasinya. Motor jenis ini banyak digunakan pada aplikasi yang *mobile*. Salah satu contoh penggunaan motor DC adalah pada mobile robot. Pergerakan dari motor DC terjadi karena adanya kumparan yang bersifat magnetik ketika diberi tegangan, dan karena dipengaruhi oleh medan magnetik aktif yang mengelilingi kumparan tersebut maka kumparan yang tadinya bersifat magnetik akan melakukan gerakan memutar. Gerakan inilah yang membuat motor tersebut berputar (Sumanto 1994).



Gambar 3. Motor DC.

#### D. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah mikroprosesor yang dikhususkan untuk instrumentasi dan kendali. Contoh aplikasi pada kendali motor, berperan seperti PLC (*Programmable Logic Controller*), pengaturan pengapian dan injeksi bahan bakar pada kendaraan bermotor atau alat mengukur suatu besaran, seperti suhu, tekanan, kelembaban dan lain-lain.

Mikrokontroler merupakan suatu alat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus. Cara kerja mikrokontroler sebenarnya membaca dan menulis data. Mikrokontroler juga merupakan computer dalam chip yang digunakan untuk mengontrol peralatan elektrik yang menekankan efisien dan efektif biaya. Secara harafiah bias disebut “pengendali kecil” dimana sebuah sistem elektronik yang sebelumnya banyak memerlukan komponen-komponen pendukung seperti IC, TTL dan CMOS dapat direduksi/ diperkecil dan akhirnya terpusat serta dikendalikan mikrokontroler

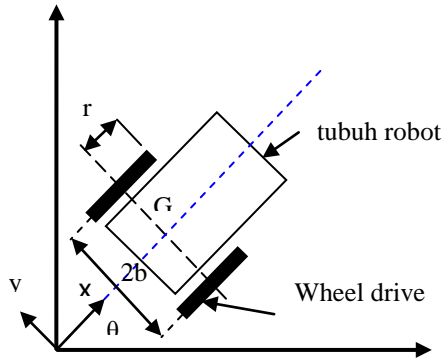


Gambar 4. Mikrokontroler ATmega 8535

#### E. Persamaan Dasar Mobile Robot

Mobile robot di sini adalah mobile robot bergerak dua

roda kiri-kanan (Pitowarno. 2006). Gerakan *mobile robot* diasumsikan bergerak dalam kawasan sumbu XY saja, tanpa memperhatikan medan yang tidak rata seperti jalan yang naik turun, yang dapat menjadi unsur sumbu Z.



Gambar 5. Mobile Robot pada koordinat X-Y

Keterangan:

$\theta$  = sudut arah hadap *mobile robot*

$2b$  = jarak antara roda

$r$  = jari-jari roda penggerak  $(x, y)$  = koordinat acuan di tubuh robot terhadap sumbu XY  
Gerakan *mobile robot* diasumsikan bergerak dalam kawasan sumbu XY saja, tanpa memperhatikan medan yang tidak rata seperti jalan yang naik turun, yang dapat menjadi unsur sumbu Z.

Persamaan umum *mobile robot* sistem *nonholonomic* menurut aturan Euler-Lagrange (Sawatzky. B, 2002) adalah:

$$M(q)\ddot{q} + C(q, \dot{q})\dot{q} + G(q) = B(q)\tau + J^T(q)\lambda \quad (1)$$

dimana  $q$  adalah sistem koordinat umum robot,  $M(q)$  adalah matriks simetris  $n \times n$ ,  $C$  adalah matriks yang terkait dengan efek coriolis dan sentrifugal,  $G(q)$  adalah vektor gaya gravitasi,  $B(q)$  adalah  $n \times r$  dimensi matriks pemetaan ruang aktuator terhadap koordinat ruang keseluruhan,  $\tau$  adalah  $r$ -dimensi vektor dari gaya/torsi aktuator, serta  $\lambda$  adalah faktor pengali dari Lagrange dengan vektor posisi, kecepatan dan percepatan *mobile robot* didefinisikan sebagai berikut:

$$q = \begin{bmatrix} x \\ y \\ \theta \end{bmatrix}; \quad \dot{q} = \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} \quad \text{dan} \quad \ddot{q} = \begin{bmatrix} \ddot{x} \\ \ddot{y} \\ \ddot{\theta} \end{bmatrix} \quad (2)$$

## METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini dilakukan beberapa langkah sebagai berikut :

1. Mendesain robot dengan menggunakan program AutoCAD. Gambar desain robot dimaksudkan untuk mendapatkan dimensi dan bentuk robot yang

lebih presisi, sehingga mempermudah dalam proses pembuatan mekanik dengan dimensi yang tepat. Disamping itu memberi kemudahan dalam melakukan analisis kinematika robot.

2. Membuat analisis kinematika dan dinamika robot

3. Membuat Mesin Pemotong Rumput Tenaga Surya Untuk Navigasi dengan tahapan pekerjaan yaitu :

- Membuat base atau frame yang merupakan bagian utama dari robot
- Pemilihan motor sebagai sumber gerak robot
- Membuat dan merangkai elektronika
- Memasang fotovoltaic
- Melakukan pengujian/simulasi

### A. Spesifikasi Robot

#### 1. Fotovoltaic

Adapun spesifikasi photovoltaic adalah sebagai berikut :

- Maximum power = 20 W
- Open circuit voltage ( $V_{oc}$ ) = 21.67 V
- Short circuit current ( $I_{sc}$ ) = 1.22 A
- Maximum Power Voltage ( $V_{mp}$ ) = 17.49 V
- Maximum Power Current ( $I_{mp}$ ) = 1.14 A
- Working Temperatur =  $-45^\circ \text{C}$  to  $+85^\circ \text{C}$
- Tolerance =  $\pm 5\%$
- Dimensi = 55 x 35 x 2 cm

2. Batere Control Regulator yang kami gunakan adalah jenis BCR-1012 (12V) dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Tegangan Keluar = 12 VDC
- Konsumsi daya = 5 mA
- Arus Keluaran (Maksimum) = 10A
- Posisi Matikan Charge Batere =  $14 \pm 0.01 \text{ V}$
- Peringatan Bunyi Low Battery =  $11.60 \pm 0.10 \text{ V}$
- Batere yang digunakan adalah Panasonic 12 V 7.2 Ah

#### 2. Dimensi Mesin Pemotong Rumput

Adapun dimensi mesin pemotong rumput adalah sebagai berikut :

- Panjang total = 99 cm
- Panjang antara poros roda = 72 cm
- Lebar = 70 cm
- Lebar antara sumbu roda = 56 cm
- Tinggi total = 52.5 cm
- Diameter roda = 25cm
- Berat total robot = 36 kg
- Engine pemotong Tasco = 4 PK
- Putaran Mesin = 7000 RPM
- Panjang blade = 49 cm
- Lebar blade = 6 cm
- Tinggi pemotongan rumput = 50 cm

## PEMBAHASAN

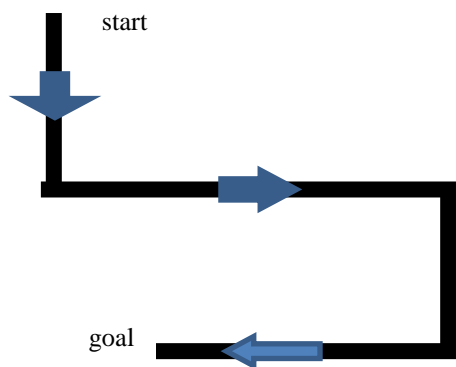
## A. Hasil Penelitian

Dari hasil simulasi dengan variasi kecepatan yaitu : 0,754 m/det, 0,565 m/det dan 0,316 m/det maka diperoleh hasil pemotongan rumput yang terbaik adalah pada kecepatan 0,316 m/det. Dan dari hasil eksperimen tracking error diperoleh total error lintasan sebesar 20.320 cm

## B. Pembahasan

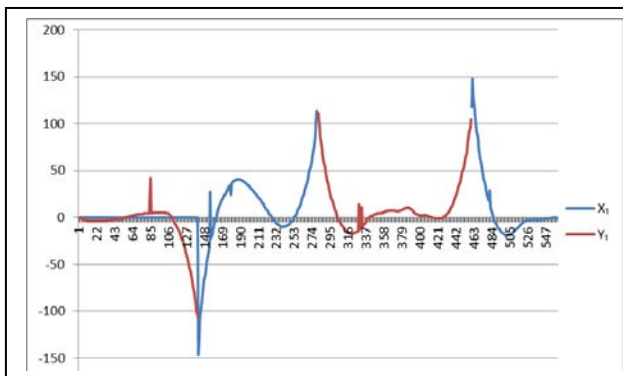
Eksperimen robot ini, menggunakan dua lintasan dan dua operator seperti pada gambar dibawah ini. Dimulai saat start dan melewati 1 belokan ke kiri dan dua belokan ke kanan, dengan panjang lintasan 29 meter seperti dilihat pada gambar 5 dibawah ini.

## 1. Lintasan 1



Gambar 6. Lintasan 1

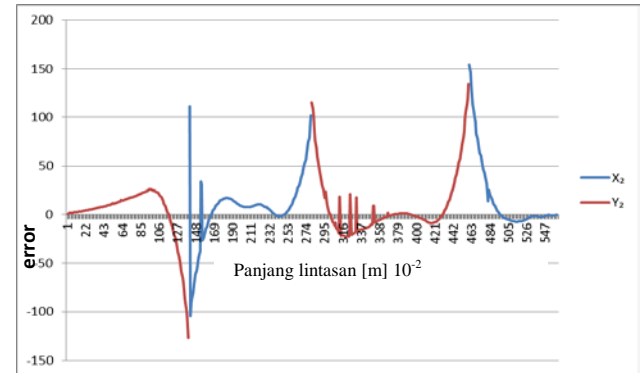
Pada grafik lintasan 1 terlihat lintasan error untuk operator pertama. diimana error terbesar berada pada nilai (x,y) yaitu error  $x_1 = 147,7$  cm yaitu terjadi pada jarak 23 meter dari posisi start dan error  $y_1 = 111,5$  cm yaitu terjadi pada jarak 13 meter dari posisi start.



Gambar.7. Grafik error trajectory untuk operator 1

Pada gambar 7 grafik lintasan 1 operator 2 terlihat pula lintasan error untuk operator kedua dimana error terbesar berada pada nilai (x,y) yaitu error  $x_2 = 154.4$  cm yaitu terjadi pada jarak 22 meter dari posisi start dan error  $y_2 = 134$  cm, yaitu pada jarak

7 meter dari posisi start.



Gambar.8. Grafik error trajectory untuk operator 1

Pada gambar 7 dan 8 grafik lintasan operator 1 dan 2, terlihat bahwa error kedua operator dimana eror terbesar terjadi pada belokan 90°. Hal tersebut disebabkan karena sudut maksimum arah belokan dari pada robot ini adalah 30°, baik ke arah kiri maupun kanan.

Untuk menghitung total error untuk lintasan 2 menggunakan formula :

$$e_{tot} = \sqrt{\frac{(\sum_0^n e_x)^2}{n} + \frac{(\sum_0^n e_y)^2}{n}}$$

$$= 20.320 \text{ cm}$$

## B. Kecepatan Robot.

Eksperimen dilakukan untuk mengetahui kecepatan robot tanpa beban dan kecepatan dengan beban yaitu pada saat memotong rumput.

## 1. Kecepatan tanpa beban

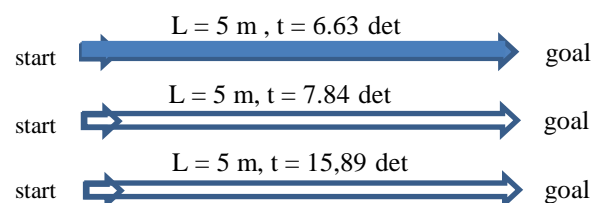
Pada eksperimen ini dilakukan tiga kali pada jarak yang sama yaitu 7.6 m dan kecepatan 6.87, 6.67 dan 6.22 maka diperoleh kecepatan rata-rata tanpa beban adalah :

$$t_r = \frac{(6.87 + 6.67 + 6.22)}{3} = 6.586 \text{ det}$$

$$v_r = \frac{7.6}{6.586} = 1.538 \text{ m/det}$$

## 2. Kecepatan dengan beban (pada saat pemotongan rumput)

Eksperimen ini dilakukan pada lapangan sepak bola di depan Fakultas Teknik Unhas Gowa dengan tiga kecepatan pada jarak yang sama yaitu 5 m seperti terlihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 8. variasi kecepatan

- Kecepatan pada jarak  $l = 5 \text{ m}$  dan waktu  $t = 6.6 \text{ det}$ :

$$v_1 = \frac{5}{6.63} = 0.754 \text{ m/det}$$

- Kecepatan pada jarak  $L = 5 \text{ m}$  dan waktu  $t = 8.84 \text{ det}$

$$v_2 = \frac{5}{8.84} = 0.565 \text{ m/det}$$

- Kecepatan pada jarak  $L = 5 \text{ m}$  dan waktu  $t = 15.89 \text{ det}$

$$v_3 = \frac{5}{15.89} = 0.314 \text{ m/det}$$

Dari perlakuan dengan tiga variasi kecepatan seperti pada gambar diatas diperoleh hasil pemotongan rumput terbaik terjadi pada kecepatan 0,314 m/det

## KESIMPULAN

1. Dari hasil eksperimen lintasan error terlihat bahwa error terbesar terjadi pada belokan  $90^\circ$  dan dari hasil perhitungan diperoleh total error sebesar  $20.320 \text{ cm}$
2. Dari hasil simulasi dengan variasi kecepatan yaitu : 0,754 m/det, 0,565 m/det dan 0,316 m/det maka diperoleh hasil pemotongan rumput yang paling baik adalah kecepatan 0,316 m/det.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agung, (2006) Energi Baru dan Terbarukan (<http://www.esdm.go.id/berita/323-energi-baru-dan-terbarukan/2846-energi-surya-dan-pengembangannya-di-indonesia.html>, diunduh 9 September 2012
- [2] Ariswan, (2005) Prospek Penelitian dan Aplikasi Fotovoltaik sebagai Sumber Energi Alternatif di Indonesia (Online), [jurnalsain-unand.com](http://jurnalsain-unand.com).
- [3] Canudas de Wit, C Siciliano, B, (1996) and Bastin. G (editors), Theori of Robot Control. New York, Springer-Verlag
- [4] Goodland.R (2006), Pemanasan Global, <http://vegclimatealliance.org/livestock-and-climate-change-qa>, diunduh 27 Oktober 2012
- [5] DESDM, (2003) Kebijakan Pengembangan Energi Terbarukan dan Konservasi Energi (Energi Hujau), Departemen Energi dan Sumberdaya Mineral Jakarta
- [6] Hart, John.(2005) Global Warming, Microsoft® Encarta® 2006 [DVD]. Redmond, WA: Microsoft Corporation. ([id.wikipedia.org/protocol Kyoto](http://id.wikipedia.org/protocol%20Kyoto)) diunduh 9 September 2012
- [7] Pitowarno. E (2006), Robotika, Desain, Kontrol, dan Kecerdasan Buatan, Yogyakarta, Andi Offset
- [8] Sawatzky. B, (2002). Wheeling in the New Millennium.The history of the wheelchair and the driving forces in wheelchair design today. Department of Rehabilitation . Science and Technology. <http://www.wheelchairnet.org/index.html>

- [9] Sumanto, (1994) Mesin Arus Searah. Jogjakarta: Penerbit Andi Offset
- [10] Sugiyono A (2006). Penanggulangan Pemanasan Global Di Sektor Pengguna Energi, PTPSE- BPPT.
- [11] Tundawan. W. (2002), Apa Itu Fotovoltaik, P4TK Medan,<http://science.nasa.gov/headlines/y2002/solarcells.htm>